

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
21. Dezember 2000 (21.12.2000)

PCT

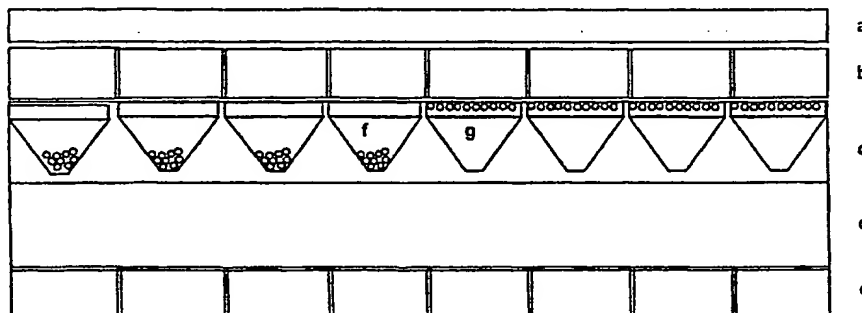
(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 00/77570 A1

- (51) Internationale Patentklassifikation⁷: G02F 1/167 (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): CREAVIS GESELLSCHAFT FÜR TECHNOLOGIE UND INNOVATION MBH [DE/DE]; Paul-Baumann-Strasse 1, D-45772 Marl (DE).
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE00/01418
- (22) Internationales Anmeldedatum: 5. Mai 2000 (05.05.2000) (72) Erfinder; und (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): SCHMIDT, Friedrich, Georg [DE/DE]; Brukerer Strasse 46, D-45721 Haltern (DE).
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch (74) Gemeinsamer Vertreter: CREAVIS GESELLSCHAFT FÜR TECHNOLOGIE UND INNOVATION MBH; Patente - Marken, Bau 1042 - PB 15, D-45764 Marl (DE).
- (30) Angaben zur Priorität: 199 27 361.8 16. Juni 1999 (16.06.1999) DE (81) Bestimmungsstaaten (national): BR, CA, CN, JP, KR, MX, US.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: ELECTRICALLY SWITCHABLE COMPOSITE FILMS

(54) Bezeichnung: ELEKTRISCH SCHALTBARE VERBUNDFOLIEN



(57) Abstract: The invention relates to composite films with electrically switchable properties. Said composite films consist of an illumination unit, two control electrodes and a microcompartment film with cavities containing both electrophoretically mobile particles in a suspension liquid and electrorheologically effective additives. The cavities in the microcompartment film are arranged regularly and have a conical or tapered downward extension. The ratio of visible surface of the cavities to their base surface is greater than 1.5. The invention also relates to a method for producing the electrophoretic display. The composite films can be used e.g. for display panels, flat screens or computer displays or for producing window panes, coverings, greenhouse roofs, packaging, textiles, spectacles, headlight coverings, windscreens, signals or sunscreen devices.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft Verbundfolien mit elektrisch schaltbaren Eigenschaften, aufgebaut aus einer Beleuchtungseinheit, zwei Steuerelektroden und einer Mikrokompartimentfolie mit Kavitäten, die elektrophoretisch mobile Partikel in einer Suspensionsflüssigkeit und gleichzeitig elektrorheologisch wirksame Additive enthalten. Die Kavitäten in der Mikrokompartimentfolie sind regelmäßig angeordnet und zeigen einen konischen oder kegelartigen Tiefenverlauf. Das Verhältnis der Aufsichtfläche der Kavitäten zu deren Grundfläche ist größer 1.5. Weiterhin betrifft die Erfindung ein Verfahren zur Herstellung der elektrophoretischen Displays. Die Verbundfolien können für z.B. Anzeigetafeln, Flachbildschirmen oder Computerdisplays oder für die Herstellung von Fensterscheiben, Abdeckungen, Gewächshausdächern, Verpackungen, Textilien, Brillen, Scheinwerferabdeckungen, Windschutzscheiben, Signalen oder Sonnenschutz-Vorrichtungen verwendet werden.

WO 00/77570 A1



(84) Bestimmungsstaaten (*regional*): europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes, und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

Veröffentlicht:

- *Mit internationalem Recherchenbericht.*
- *Vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eintreffen.*

Elektrisch schaltbare Verbundfolien

Die Erfindung betrifft konische Kavitäten enthaltende elektrisch schaltbare Verbundfolien unter Verwendung elektrophoretisch mobiler Partikel in einer rheologisch kontrollierbaren
5 Suspension.

Zur Veränderung der Farbe oder der Transparenz von großen Flächen sind verschiedene Techniken wie z.B. die Thermochromie oder LCD bekannt. Einen ähnlichen technologischen Hintergrund besitzen Informationssysteme, wie z. B. Hinweisschilder, Werbetafeln,
10 Preisschilder, Fahrplananzeigen, Computerdisplays oder allgemein Flachbildschirme. Die dargestellte Information kann fest, z. B. bei Werbeplakaten oder elektronisch veränderbar, z.B. bei Computerdisplays sein.

Entsprechende Informationssysteme dienen zur Darstellung von Texten, Symbolen oder
15 Graphiken. Sie sollten auch bei Gegenlicht einen hohen Kontrast aufweisen, auch in spitzem Winkel lesbar sein und eine ausreichende eigene Leuchtkraft bzw. eine entsprechende externe Beleuchtung aufweisen. Die dargestellte Information kann fest, z.B. bei Werbeplakaten oder elektronisch veränderbar, z.B. bei Computerdisplays sein.

20 Viele dieser Informationssysteme weisen keine eigene Leuchtkraft auf und sind extern, z.B. durch normales Tages- oder Raumlicht beleuchtet, wobei jedoch häufig eine Vordergrundbeleuchtung wegen der reflexfreien Ausleuchtung bevorzugt wird.

Eine der wirtschaftlich interessanten Anwendungen für Informationssysteme sind
25 Flachbildschirme, wie sie z. B. in tragbaren Computern, sogenannten Displays, eingesetzt werden. Flachbildschirme werden entweder mit selbstleuchtenden Anzeigen, die kein Beleuchtungssystem benötigen, oder mit nicht-selbstleuchtenden Anzeigen, die z.B. auf Basis von Flüssigkristallen- oder elektrophoretischen Systemen arbeiten, hergestellt. Nicht-selbstleuchtende Displays sind vereinfacht aus mindestens zwei Schichten aufgebaut: Eine
30 Beleuchtungseinheit und eine Schicht, auf der die elektronisch veränderbare Information dargestellt werden kann, hier Visualisierungsschicht genannt. Diese Visualisierungsschicht bildet

mit einer flexiblen Trägerfolie, der transparenten Elektrodenschicht, einer zweiten Elektrodenschicht, die auch so aufgebaut sein kann, daß einzelne Pixel ansteuerbar sind, einen Verbund. Sind die einzelnen Schichten ausreichend dünn und flexibel ausgelegt, spricht man von einer elektrisch schaltbaren Verbundfolie.

5

Die Beleuchtungseinheit kann als Hintergrund- oder Vordergrundbeleuchtung zum Einsatz kommen. Die Art der Beleuchtungseinheit wird in Abhängigkeit von der Transparenz und/oder dem Reflexionsvermögen der Visualisierungsschicht gewählt.

10 Beschreibung der Beleuchtungseinheiten:

Die Beleuchtungseinheit muß für eine gute Ausleuchtung des Sichtfeldes mit einem möglichst hohen Kontrast sorgen. Dies kann häufig nur durch leistungsfähige Beleuchtungseinheiten erreicht werden. Für die Bereitstellung der dafür aufzubringenden Energie werden jedoch entsprechend leistungsstarke Batterien benötigt, die zur Zeit noch mit einer deutlichen Erhöhung
15 des Gesamtgewichtes verbunden sind.

Beleuchtungseinheiten von modernen Computerdisplays verbrauchen häufig über 90 % der für den gesamten Bildschirm aufzuwendenden Energie. Bei den Hintergrundbeleuchtungssystemen für Flüssigkristall-Displays (LCD) wird durch die Polarisationschichten ein erheblicher Anteil
20 des erzeugten Lichtes weggefiltert und steht so für die Beleuchtung nicht zur Verfügung.

In vielen Fällen werden für Hintergrundbeleuchtungssysteme von Flüssigkristall-Displays (LCD) flächige Lampen oder eine Vielzahl von Lampen mit entsprechenden Lichtdiffusorscheiben oder -gittern eingesetzt; andere Systeme gehen von einer Beleuchtungseinheit mit seitlicher
25 Einstrahlung des Lichtes in eine Lichtleitplatte und entsprechenden Reflektionseinheiten auf der Unterseite oder anregbaren Auskoppelpunkten auf der Oberseite der Lichtleitplatte aus. Diese Techniken können nur für Hintergrundbeleuchtungssysteme und nicht für Vordergrundbeleuchtungssysteme verwendet werden, da das ausgestrahlte Licht sowohl in Richtung des Betrachters als auch auf die Visualisierungsschicht abgestrahlt wird und es deshalb
30 schwierig, wenn überhaupt möglich ist, die Darstellungen auf der Visualisierungsschicht zu erkennen.

Andere Displaytechniken verwenden flache und dünne elektrolumineszierende Lampen oder kleine Fluoreszenzeinheiten mit einer Streuvorrichtung. Die elektrolumineszierenden Lampen verbrauchen zwar weniger Energie als die Fluoreszenz-Hintergrundbeleuchtungssysteme, sind jedoch lichtschwächer und strahlen meist nicht das gesamte Lichtspektrum, das zum Betrieb von Farbbildschirmen benötigt wird, ab. Zudem ist die Lebensdauer der elektrolumineszierenden Lampen nicht zufriedenstellend.

Beschreibung der Visualisierungsschicht

10

Eine neuartige Entwicklung zur Darstellung von elektronisch veränderbarer Information stellt die "elektronische Tinte" von Prof. J. Jacobson et al. dar. Diese Technik nutzt die Orientierung von ein- oder mehrfarbigen Pigmentpartikel in einem elektrischen Feld aus, um Bildinformation darzustellen. Details können z.B. in J. Jacobson et al., IBM System Journal 36, (1997), Seite 457-463 oder B. Comiskey et al., Nature, Vol. 394, July 1998, Seite 253-255 nachgelesen werden.

20

Zur Herstellung von entsprechenden bipolaren, ein- oder zweifarbigem Partikeln in verschiedenen Ausführungsformen und deren Anwendung in elektrophoretisch arbeitenden Displays kann z.B. auf WO 98/03896 verwiesen werden. Hier wird beschrieben, wie diese Partikel in einer inerten Flüssigkeit suspendiert und in kleinen Blasen eines Trägermaterials eingekapselt werden. Diese Technik erlaubt die makroskopische Anzeige von zwei Farben durch Rotation eines zweifarbigem Partikels je nach angelegtem elektrischen Feld.

25

In WO 98/19208 wird ein ähnliches elektrophoretisches Display beschrieben, wobei elektrophoretisch mobile Partikel in einer gegebenenfalls farbigen Flüssigkeit durch ein elektrisches Feld innerhalb einer Mikrokapsel bewegt werden können. Je nach Feldrichtung orientieren sich die Partikel zu einer Elektrode und stellen so makroskopisch eine ja/nein-Farbinformation (entweder ist die Farbe der Partikel oder die Farbe der Flüssigkeit sichtbar) dar.

30

WO 98/41899 offenbart elektrophoretische Displays, die zwar auf den oben beschriebenen

Prinzipien beruhen, jedoch entweder fluoreszierende oder reflektierende Partikel enthalten. Darüber hinaus ist auch die Verwendung einer Suspension mit flüssigkristallinem Verhalten beschrieben. Die Flüssigkristalle blockieren oder ermöglichen die elektrophoretische Migration der Partikel je nach angelegtem elektrischem Feld und verändern gleichzeitig die optischen
5 Eigenschaften wie die Farbe der Suspension.

WO 98/41898 beschreibt ebenfalls ein solches elektrophoretisches Displaysystem, das durch seine spezielle Anordnung durch einen Druckvorgang, insbesondere durch Tintenstrahl Drucktechnik, hergestellt werden kann. Vorteilhaft können sowohl die Elektroden
10 als auch das elektrophoretische Display an sich in aufeinanderfolgenden Druckschritten hergestellt werden.

Es ist ein gemeinsames Merkmal dieser Techniken, das die Suspensionsflüssigkeit und die Partikel in Kapseln, Blasen oder sonstigen Kavitäten eines polymeren Materials eingebettet
15 werden. Die Partikel können auch mit der Suspensionsflüssigkeit eingekapselt werden; diese Kapseln können dann entweder vorgefertigt in den Polymerisationsvorgang des Trägermaterials eingebracht oder in einer komplexen Emulsionspolymerisation gemeinsam mit dem Trägermaterial gebildet werden. In beiden Fällen liegt keine einheitliche Größe und Anordnung der Kapseln oder Kavitäten vor. Sowohl Größe als auch die zwei- bzw. dreidimensionale
20 Verteilung der Mikrokapseln oder Kavitäten im Trägermaterial unterliegen einer schwer zu kontrollierenden Streubreite, die zum einen eine inhomogene Bildinformation ergibt und zum anderen das Erreichen eines hohen Kontrasts schwierig machen kann.

Systeme dieser Art sind insbesondere für eine Hintergrundbeleuchtung nicht geeignet, da sie
25 bauartbestimmt nahezu undurchscheinend sind. Erfolgt eine einfache Beleuchtung mit sichtbarem Licht in Aufsicht (Vordergrundbeleuchtung), so ist der Kontrast häufig unbefriedigend. Weiterhin ist durch die Verwendung von Aufsichtssystemen d. h. mit einer externen Lichtquelle mit sichtbarem Licht die Gleichmäßigkeit der Ausleuchtung bei unverändert gutem Kontrast nur schwer zu realisieren. Die Verwendung von UV-Licht und
30 fluoreszierenden oder phosphoreszierenden, elektrophoretisch mobilen Partikeln in der Suspension ist ein gänzlich anderes Beleuchtungsprinzip, was z. B. für quasi-selbstleuchtende

Verbundfolien verwendet werden kann.

In WO 99/56171 wird ein „shutter mode“-Display, basierend auf der elektrophoretischen Migration von Partikeln in einer Suspension beschrieben. Um einen besseren Kontrast von „Ein“
5 zum „Aus“-Zustand des Displays zu erhalten, sind die Kavitäten hier konisch ausgeführt. Die konische Bauform ermöglicht die Zusammenführung der Partikel an der kleinsten Stelle der Kavität, so dass Licht in diesem Fall nahezu ungehindert aus der Kavität austreten kann. Der Betrachter nimmt nur noch einen kleinen Bereich als Störstelle wahr. Die Arbeitsweise der aus konischen Kavitäten bestehenden Displays entspricht der aus der o. g. Literatur bekannten
10 elektrophoretischen Displays.

Nachteilig an diesen Displays ist, dass die Partikel ohne äußeres elektrisches Feld schnell wieder in eine ungeordnete, über die gesamte Kavität verteilten Zustand übergehen. Dies wird durch Wärme oder äußere Erschütterungen noch begünstigt, so dass die dargestellte Information mit
15 der Zeit wieder verblasst, sofern nicht dauerhaft ein elektrisches Feld den gewünschten Ordnungszustand der Partikel aufrechterhält.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung war es daher, mit elektrophoretisch mobilen Partikeln arbeitende Verbundfolien zu entwickeln, die eine flache Bauweise bei hohem Kontrast der
20 dargestellten Information ermöglichen und deren Schaltzustände auch ohne äußeres elektrisches Feld über einen längeren Zeitraum bestehen bleiben.

Es wurde gefunden, daß Verbundfolien mit einer Visualisierungsschicht, die elektrophoretisch mobile Partikel in regelmäßig angeordneten und konisch oder kegelförmig geformten Kavitäten
25 zur Darstellung von elektronisch veränderbarer Information einsetzen, besonders dünn hergestellt werden können und einen hohen Kontrast aufweisen.

Gegenstand der vorliegenden Erfindung sind daher Verbundfolien mit elektrisch schaltbaren Eigenschaften, aufgebaut aus zwei Steuerelektroden und einer Mikrokompartimentfolie mit
30 Kavitäten, die elektrophoretisch mobile Partikel in einer Suspensionsflüssigkeit enthalten, dadurch gekennzeichnet, dass die Kavitäten in der Mikrokompartimentfolie regelmäßig

angeordnet sind und einen konischen oder kegelartigen Tiefenverlauf zeigen, das Verhältnis der Aufsichtfläche der Kavitäten zu deren Grundfläche größer als 1.5 ist und in der Suspensionsflüssigkeit elektrorheologisch wirksame Additive enthalten sind.

- 5 Der konische oder kegelartige Tiefenverlauf der Kavitäten ist in Fig. 1 skizziert. Es ist ein besonderes Merkmal der vorliegenden Erfindung, das die dem Auge des Betrachters zugewendete Seite der Kavitäten ("Aufsichtfläche", a in Fig.1) größer ist, als die dem Auge abgewendete Seite ("Grundfläche", b in Fig.1). Das Verhältnis von Aufsichtfläche zu Grundfläche der Kavitäten sollte größer als 1.5, bevorzugt größer 25, besonders bevorzugt
10 größer 100, ganz besonders bevorzugt größer 250 sein. Fig. 1 c zeigt beispielhaft eine Auswahl von Tiefenverläufen der Kavitäten in einer Seitenansicht.

Weiterhin ist die Anordnung der Kavitäten im Trägermaterial streng regelmäßig. Es bietet sich eine Anordnung der Kavitäten in Spalten und Reihen an. Diese Anordnung muß jedoch nicht
15 notwendigerweise rechtwinklig oder gar quadratisch sein, auch z.B. schräge Anordnung der Zeilen und Spalten oder hexagonale Anordnungen der Kavitäten sind möglich. Fig. 2 zeigt eine beispielhafte Auswahl von Anordnungen von Kavitäten in einer Aufsicht.

Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist auch ein Verfahren zur Herstellung der
20 Verbundfolien mit elektrisch schaltbaren optischen Eigenschaften, aufgebaut aus zwei Steuerelektroden und einer Mikrokompartimentfolie mit Kavitäten, die elektrophoretisch mobile Partikel in einer Suspensionsflüssigkeit enthalten, wobei die Kavitäten in der Mikrokompartimentfolie regelmäßig angeordnet sind und durch erodierende oder spanende Verfahren erzeugt werden, einen konischen oder kegelartigen Tiefenverlauf zeigen, wobei das
25 Verhältnis der Aufsichtfläche der Kavitäten zu deren Grundfläche größer 1.5 ist und in der Suspensionsflüssigkeit elektrorheologisch wirksame Additive enthalten sind.

Die Kavitäten können z.B. durch Nadeln, Prägen, 3D-Drucken, Erodieren, Ätzen, Abformen mit Gießmassen, Spritzguß, fotografische oder photolithographische Verfahren oder
30 Interferenzmethoden in ein Trägermaterial bzw. in die Mikrokompartimentfolie gebracht werden. Wie solche mikrostrukturierten Oberflächen hergestellt werden können, ist z.B. in DE

29 29 313, WO 97/06468, US 4.512.848, DE 41 35 676, WO 97/13633 oder EP 0 580 052 beschrieben. Weitere Methoden zur Herstellung kleiner Strukturen beschreiben Younan Xia und George M. Whitesides in Angew. Chem. 1998, 110 568-594. Diese "Softlithographie" genannten Methoden ermöglichen die Herstellung von sehr kleinen Strukturen im Bereich
5 unterhalb von 1 μm bis ca. 35 nm. Eine weitere Methode ist das Mikrofräsen eines Masters, mit dem Platten oder Folien mit der gewünschten Mikrostruktur hergestellt werden können. Der Master stellt eine Negativform dar. Diese kann dann in einem Präge-, Guß- oder Spritzgußverfahren abgeformt werden.

- 10 Alternativ kann auch eine unstrukturierte Folie mit Kavitäten der gewünschten Dimensionen und Formen versehen werden. Hier bieten sich ebenfalls erodierende oder spanende Methoden wie Laserstrahlung oder Bohren/Fräsen z.B. mit einer CNC-Maschine an.

Das Trägermaterial der Kavitäten, d.h. die Mikrokompartimentfolie kann optisch transparent
15 und/oder zusätzlich farblos oder gefärbt sein. Die Steuerelektroden sind jeweils über- und unterhalb der Kavitäten an der Trägerschicht angebracht, wobei die oberhalb der Kavitäten angeordnete, d.h. zwischen dem Betrachter und der Kavität liegende Elektrode selbstverständlich ebenso transparent oder gefärbt wie das Trägermaterial sein kann. Die unterhalb den Kavitäten angebrachte Steuerelektrode wird, um die Spannungen der Elektroden
20 gering zu halten, meist zwischen der Beleuchtungseinheit und den Kavitäten angebracht werden und sollte dann transparent sein.

Als Trägermaterial der Kavitäten, d.h. als Mikrokompartimentfolie, eignen sich alle mechanisch
25 oder lithographisch bearbeitbaren Polymere wie beispielsweise Thermoplaste, Polycarbonate, Polyurethane, Polysiloxane, Polyolefine wie z.B. Polyethylen, Polypropylen, COC (Cyclo-Olefinische Copolymere), Polystyrol, oder ABS-Polymerisate, PMMA, PVC, Polyester, Polyamide, thermoplastische Elastomere oder vernetzende Werkstoffe, wie UV-härtende Acrylatlacke, aber auch Polytetrafluorethylen, Polyvinylidenfluorid oder Polymere aus
30 Perfluoralkoxyverbindungen, sei es als Homo- oder Copolymer oder als Mischungsbestandteil eines Polymerblends.

Die Kavitäten können abgesehen von dem konischen oder kegelförmigen Tiefenverlauf in der Aufsicht jede beliebige Form aufweisen. Fig. 2 zeigt eine beispielhafte Auswahl von Aufsichten. Zweckmäßig besitzen die Kavitäten an der dem Auge des Betrachters zugewendeten Seite (Aufsichtfläche) eine runde, ovale, dreieckige, rechteckige, quadratische, sechseckige oder
5 achteckige Fläche.

Die Aufsichtfläche der Kavitäten sollte größer als $10\,000\ \mu\text{m}^2$, bevorzugt größer als $40\,000\ \mu\text{m}^2$, besonders bevorzugt größer als $62\,500\ \mu\text{m}^2$ und ganz besonders bevorzugt größer als $250\,000\ \mu\text{m}^2$ sein.

10

Die Tiefe der Kavitäten kann unabhängig von der sichtbaren Fläche zwischen 20 und 250 μm , bevorzugt zwischen 30 und 200 μm , ganz besonders bevorzugt 50 bis 100 μm betragen.

Die Stegbreiten zwischen den einzelnen Kavitäten an der Oberseite der Mikrokompartimentfolie sollten so gering wie möglich gehalten werden; bevorzugt sind Stege mit einer Breite von 2 - 50 μm , besonders bevorzugt 5 - 25 μm . Die Stegobersseiten der Mikrokompartimentfolie können lichtundurchlässig beschichtet oder verspiegelt werden. So kann z.B. eine Aluminiumkaschierung, Metallbedampfung oder eine TiO_2 -Beschichtung vorgenommen werden. Dies verhindert den unerwünschten Lichtaustritt an den Stegen, wenn der Lichtaustritt über die
15 Kavitäten durch die elektrophoretisch mobilen Partikel blockiert ist.

Nachdem die Trägerschicht mit den gewünschten Kavitäten ausgerüstet worden ist, werden die Kavitäten mit den elektrophoretisch mobilen Partikeln und der Suspensionsflüssigkeit mit den elektrorheologisch wirksamen Additiven gefüllt. Dies kann z.B. mittels durch Einschlämmen
25 und Abrakeln der überschüssigen Suspension, durch direktes Einrakeln/Einstreichen der Suspension, mittels Tintenstrahltechnik in einem Druckvorgang oder durch Selbstfüllung mittels Kapillarkräfte erfolgen. Durch diese Maßnahmen werden die Partikelsuspensionen direkt in die Kavitäten eingebracht. Die Kavitäten müssen anschließend verkapselt oder versiegelt werden. Die Füllung kann auch durch die Kapillarkräfte über feine Kanäle erfolgen, wobei die Kavitäten
30 vor dem Füllvorgang verschlossen sind. Zweckmäßig erfolgt dies mit einer Deckfolie, die dicht mit der Mikrokompartimentfolie bzw. mit den Stegen der Kavitäten verbunden wird. Zur

Versiegelung der Kavitäten können diverse Verfahren zum Einsatz kommen, wie z.B.:

- Verkleben oder thermisches Verschmelzen (Mikrowellenerwärmung, Kontakt- oder Reibschweißen, Schmelzkleber, Heißlaminierung)
- 5 - Reaktivharze, insbesondere UV-härtend (z.B. Acrylat-Dispersionen) oder 2-Komponenten-Systeme (z.B. Polyurethan-Lacksysteme), die sich nicht mit der Pigmentsuspension mischen, Grenzflächenpolymerisation, Grenzflächenpolykondensation und andere Verfahren, die z.B. auch im Bereich der Mikroverkapselungstechnologien angewandt werden, wie z.B. in "Microencapsulation : methods and industrial applications", Ed. S.Benita,
10 Marcel Dekker, Inc. NY /1996 für die Verkapselung sphärischer Partikel beschrieben.

Es können auch bereits verkapselte Suspensionen von elektrophoretisch mobilen Partikeln d. h. vorbereitete Kapseln eingesetzt werden. Diese vorbereiteten Kapseln können, wie in Fig. 3 gezeigt, in die Kavitäten der Mikrokompartimentfolie eingepreßt oder eingedrückt werden. Die
15 so gefüllten Kavitäten müssen anschließend wieder mit einer Deckfolie versiegelt werden. Diese Technik vermindert bei einem entsprechend angepaßtem Verhältnis zwischen Kapselgröße und Mikrokompartiment-Größe die Anforderungen an die Stabilität des Kapselwandmaterials für den praktischen Gebrauch deutlich, da die Kapseln durch die Stege der Mikrokompartimentfolie umschlossen werden. Weiterhin erzwingt die Einordnung der Kapseln in die vorbereiteten
20 Kavitäten eine regelmäßige Anordnung der Kapseln.

Wichtig bei beiden Varianten ist, daß bei der Versiegelung möglichst keine Luft- oder sonstigen Gaseinschlüsse erfolgen, keine Reaktionen zwischen dem Suspensionsmedium oder den Mikropartikeln der Suspension und der Kapselschicht auftreten und daß keine Leckagen zur
25 Umgebung bzw. Verbindungen zwischen den einzelnen Kavitäten existieren.

Die Kavitäten bzw. die vorbereiteten Kapseln können mit einer Suspension oder mit mehreren Suspensionen, z.B. Suspensionen mit einem Farbwechsel bei Umpolung des angelegten elektrischen Feldes, gefüllt werden.

30

Weiterhin ist es möglich, auf eine Farbgebung durch die Suspension zu verzichten, d.h. die

Kavitäten neben den Partikeln mit einer optisch transparenten und farblosen Suspensionsflüssigkeit zu füllen. Als optisch transparente und farblose Flüssigkeiten eignen sich z.B. unpolare organische Flüssigkeiten wie Paraffin- oder Isoparaffin-Öle, niedermolekulare oder niedrigviskose Silikon-Öle.

- 5 Die Suspensionsflüssigkeiten können weiterhin optisch transparent und gefärbt sein. Zur Herstellung von mehrfarbigen Displays können je drei benachbarte Kavitäten unterschiedlich (z.B. rot, gelb, blau) gefärbte Suspensionsflüssigkeiten enthalten.

- 10 Gefärbte Suspensionen müssen eine lichtechte Farbe aufweisen und dürfen keine Reaktionen mit dem Material der Mikrokompartimentfolie oder der Deckschicht eingehen. Sie können weiterhin fluoreszierende oder phosphoreszierende Substanzen enthalten. Die Verwendung von fluoreszierenden oder phosphoreszierenden Substanzen ermöglicht eine höhere Lichtausbeute, und/oder den Einsatz von Lichtquellen mit einem UV-Strahlenanteil. Als Fluoreszenzfarbstoffe eignen sich z.B. Cumarin 314T der Firma Acros Organics oder Pyromethene 580.

15

- Die Herstellung der zwischen 0,1 und 20 μm , bevorzugt zwischen 0,3 und 10 μm , besonders bevorzugt zwischen 0,4 und 5 μm im Durchmesser betragenden elektrophoretisch mobilen Partikel kann in Anlehnung an WO 98/41898, WO 98/41899 oder WO 98/0396 erfolgen. Dies beinhaltet die Umhüllung der Pigmente mit organischen und/oder polymeren Materialien und/oder die Verwendung der reinen Pigmente, die z. B. durch Behandlung von
20 ladungskontrollierenden Additiven (siehe insbesondere WO 98/41899) mit elektrischen Ladungen versehen worden sind.

- Die Partikel müssen in der Suspensionsflüssigkeit frei beweglich sein, so daß sich die Partikel
25 aufgrund ihrer Ladung je nach angelegtem elektrischen Feld zu einer der Elektroden bewegen können. Der "Aus"/"Ein"-Zustand einer Kavität bzw. die makroskopisch wahrnehmbare Farbe oder Transparenz der Kavitäten bzw. der Verbundfolie ist daher durch die räumliche Anordnung der Partikel bestimmt und kann durch das elektrische Feld gesteuert werden.

- 30 Mit Hilfe der Suspension mit elektrorheologischen wirksamen Additiven werden bistabile Verbundfolien erhalten. Bei Anlegen eines elektrischen Feldes orientieren sich die

elektrophoretisch mobilen Partikel gemäß ihrer Ladung im Feld, d. h. der äußere Betrachter nimmt entweder die Farbe der Partikel oder die der Suspensionsflüssigkeit wahr. Die Partikel können sich bei angelegtem elektrischem Feld ungehindert in der Suspension bewegen. Wird das elektrische Feld entfernt, so steigt die Viskosität der elektrorheologischen Suspension stark an und die Partikel werden in ihrem gerade eingenommenen Ordnungszustand weitgehend fixiert. Die dargestellte Information oder Farbe wird entsprechend ebenso fixiert, so dass diese auch ohne äußeres elektrisches Feld stabil erkennbar bleibt.

Die erfindungsgemäßen Verbundfolien können sehr dünn (2 bis 5 mm) sein und eignen sich daher insbesondere für dreidimensional geformte Objekte, wie z.B. die Innenseite von Windschutzscheiben.

Die Verbundfolien der Erfindung beinhalten die notwendigen technischen Vorrichtungen zur Darstellung einer Farbinformation. Die elektrophoretisch mobilen Partikel in einer mit rheologisch kontrollierbaren wirksamen Additiven versehenen Suspension sind in einer geeigneten Matrix oder Trägerschicht eingebettet – optional in entsprechenden Kavitäten oder Kompartimenten. Diese Trägerschicht ist wiederum zwischen den Steuerelektroden angeordnet.

Die elektrorheologisch wirksamen Additive können entweder eine homogen in der Suspension gelöste Substanz oder elektrophoretisch mobile Partikel mit elektrorheologischen Effekt sein.

Es ist möglich, dass die Suspension mehrere Partikelarten enthält, von denen mindestens eine Partikelart den elektrorheologischen Effekt und mindestens eine weitere Partikelart den elektrophoretischen Effekt zeigt.

Suspensionen der Flüssigkeiten, die in An- oder Abwesenheit eines elektrischen Feldes ihre Viskosität ändern (elektrorheologischer Effekt, ER) sind bekannt. Es wird in der Literatur zwischen den positiven und negativen ER unterschieden, wobei die Viskosität beim positiven ER mit steigender elektrischer Feldstärke ansteigt, beim negativen ER sinkt. Die Ursache von positiven und negativem ER sind noch nicht vollständig bekannt (z. B. T. Uemura et al., Polym. Prep. ACS, Div. Polym. Chem., 1994, 35(2), 360-361; K. Minagawa et al., Journal of

Intelligent Material Systems and Structures, Vol 9 8/1998, 626-631; H.C. Conrad et al., J. Rheol. 41(2) 1997, 267-281; O. Quadrat et al., Langmuir 2000, 16, 1447-1449; C. Zukowski IV et al. J. Chem. Soc., Faraday Trans. I, 1989, 85(9), 2785-2795; T. Hao et al., Langmuir 1999, 15, 918-921); werden jedoch auf eine Nachordnung von Molekülen aufgrund van-der-
5 Waals-Wechselwirkungen zurückgeführt, die bei anlegen eines elektrischen Feldes überwunden werden.

Elektorrheologisch wirksame Additive als eine in der Suspensionsflüssigkeit gelöste Substanz können z.B. Polykondensate aus Phenylisocyanat und Polytetramethylenglycol oder p-
10 Chlorophenylisocyanat und Polytetramethylenglycol oder Polymethylmethacrylat als Alkalisalz hydratisiert oder als Blend mit Polystyrol-block-(polyethylen-co-propylen) sein.

Für die vorliegende Erfindung ist besonders ein negativer elektorrheologischer Effekt wichtig. Es sind Substanzen, Flüssigkeiten oder Suspensionen bekannt, die neben einem rheologischen,
15 d. h. viskositätsverändernden Effekt einen Flüssigkristallinen-Effekt (LCD) bei Anlegen eines elektrischen Feldes zeigen.

Dieser zusätzliche, die optischen Eigenschaften der Suspension bzw. der Verbundfolie negativ beeinflussende LCD-Effekt ist in der vorliegenden Erfindung nicht erwünscht.

20

Ein solcher LCD-Effekt ist ein elektorrheologischer Effekt, der bei Suspensionen von nicht mischbaren flüssigkristallinen Substanzen, wie sie z.B. von Tajiri (Tajiri et al., J.Rheol., 41(2), 335 (1997)) beschrieben werden, auftreten kann. Mischungen aus Umgebungs-(Suspensions-) Matrix und flüssigkristallinen Substanzen führen zu phasenseparierten Morphologien, bei denen
25 die flüssigkristalline Phase bei angelegtem elektrischen Feld ein höheres Aspektverhältnis (Länge/Durchmesser) in Feldrichtung ausbildet. Die Phasenseparierung der flüssigkristallinen Substanzen führt zu einer unerwünschten Änderung der optischen Eigenschaften der Suspension.

30 In der Literatur werden Systeme von flüssigen, inhomogenen Blends beschrieben, die nicht auf flüssigkristallinen Substanzen basieren, sondern eine höhere Dielektrizitätskonstante besitzen

(z.B. Kimura et al., J.Non-Newtonian Fluid Mech. 76 (1998) 199-211), wobei die optischen Eigenschaften und die Dielektrizitätskonstante, wie dem Fachmann bekannt, modifiziert werden können.

In der vorliegenden Erfindung sind Suspensionen mit einem negativen elektrorheologischen Effekt bevorzugt, die keine oder nur geringe optische Veränderungen bei einem angelegten elektrischen Feld zeigen.

Die in der Suspension gelösten elektrorheologisch wirksamen Additive sind in der Regel polymerer Natur und daher nur bis zu einem bestimmten Molgewicht in der Suspensionsflüssigkeit löslich. Welche Substanz oder Additiv in welcher Flüssigkeit ausreichend löslich ist, kann durch orientierende Versuche unschwer ermittelt werden.

Es ist ebenso möglich, die bereits als homogen gelöste Substanz genannten Verbindungen in Partikelform, d. h. als Partikel, die nicht elektrophoretisch mobil sind, als elektrorheologische Kontrollsubstanz (rheological control agent, RCA) einzusetzen.

Weiterhin können die elektrophoretisch mobilen Partikel selbst den erforderlichen negativen elektrorheologischen Effekt zeigen, d. h. als elektrorheologisch wirksames Additiv eingesetzt werden. Dies kann z. B. durch eine Umhüllung von elektrophoretisch mobilen Partikeln mit Polykondensaten aus Phenylisocyanat und Polytetramethylenglycol oder p-Chlorphenylisocyanat und Polytetramethylenglycol oder Polymethylmethacrylat als Alkalisalz hydratisiert oder als Blend mit Polystyrol-block-(polyethylen-co-propylen) erfolgen.

Die elektrophoretisch mobilen Partikel können optional zusätzlich zu der Umhüllung mit RCA-Substanzen, eine Umhüllung mit Polyacrylaten, Polymethacrylaten, Polyurethanen oder Polyamiden, entweder über oder zweckmäßig unter der RCA-Substanz aufweisen.

Die elektrophoretisch mobilen und/oder elektrorheologisch wirksamen Partikel können anorganische oder organische Pigmente wie z.B. TiO_2 , Al_2O_3 , ZrO_2 , FeO , Fe_2O_3 , Ruß, Fluoreszenzpigmente, Phtalloyanide, Porphyrine oder Azofarbstoffe enthalten. Solche Partikel können wieder eine Umhüllung aus Polyacrylaten, Polymethacrylaten, Polyurethanen oder

Polyamiden besitzen.

Die Kompartimente, in denen die Suspension mit den Partikeln und dem ER-Additiv enthalten ist, können einer monomodalen, unimodalen, bimodalen oder multimodalen Größenverteilung
5 unterliegen.

Die Kompartimente dieser unterschiedlich modalen Größenverteilungen können wiederum jeweils regelmäßig oder stochastisch in der Verbundfolie angeordnet sein. Fig. 2 zeigt eine Auswahl regelmäßiger Anordnungen unimodaler Kompartimente.

10

Sind Trägermaterial, Suspensionsflüssigkeit und Elektroden transparent, können die elektrisch schaltbaren optischen Eigenschaften der erfindungsgemäßen Verbundfolie mindestens zwei unterschiedlich optisch transparente Zustände sein.

15 Im Idealfall bedeutet dies das Umschalten der Verbundfolie zwischen „optisch transparent“ und „optisch nicht-transparent“.

Optische Transparenz oder nicht-Transparenz stellen die Extremschaltzustände dar. In der Praxis wird eine weitgehende Transparenz/nicht-Transparenz z.B. für das Abdunkeln oder
20 Dimmen von Fenstern ausreichend sein.

Schließlich ist die Verwendung der erfindungsgemäßen Verbundfolien Gegenstand der vorliegenden Erfindung. Aufgrund der flachen und optional flexiblen Bauweise können die Verbundfolien zur Herstellung von Anzeigetafeln, Computern, Uhren oder Flachbildschirmen
25 verwendet werden.

Eine weitere Verwendung der Verbundfolie ist die Herstellung von Fensterscheiben, Abdeckungen, Gewächshausdächern, Verpackungen, Textilien, Brillen, Scheinwerfer-
abdeckungen, Windschutzscheiben, Signalen oder Sonnenschutzvorrichtungen.

30

Fig. 4 zeigt einen beispielhaften Aufbau eines erfindungsgemäßen elektrisch schaltbaren

Verbundfolie, wobei

- a) Deckschicht
- b) Frontelektrode
- c) Mikrokompartimentfolie mit Kavitäten
- 5 d) Beleuchtungseinheit und
- e) Gegenelektrode

bezeichnen.

Die Deckschicht a) und die Frontelektrode b) können identisch sein, die Anordnung der
10 Beleuchtungseinheit d) und der Gegenelektrode e) kann auch umgekehrt sein.

Die Beleuchtungseinheit d) ist optional und kann bei Aufbringen der Verbundfolie auf einen beleuchteten Hintergrund, der dann als Lichtquelle genutzt wird (Backlightvorrichtung in Fig.5) weggelassen werden. Wird die Verbundfolie als Dimmvorrichtung (d. h. Umschalten von
15 Transparenten zu nicht-Transparenten Zustand) genutzt, ist eine Beleuchtungseinheit ebenfalls nicht erforderlich.

Sind die Partikel durch das elektrische Feld an der dem Betrachter abgewendeten Seite der Kavitäten (Grundfläche, "b" in Fig. 1) lokalisiert, so sind die Partikel für den Betrachter nicht
20 oder nur wenig sichtbar, und das Licht der Beleuchtungseinheit kann nahezu ungehindert durch die Suspensionsflüssigkeit und das Trägermaterial durchtreten (Kavität f in Fig. 4). In Kavität g in Fig. 4 sind die Partikel an der dem Betrachter zugewandten Seite der Kavitäten lokalisiert und schirmen so das Licht der Beleuchtungseinheit ab. Es resultiert eine dunkle Fläche, wobei das Licht nur noch durch die Stege des Trägermaterials austreten kann. Die Stege der Mikro-
25 kompartimentfolie sollten daher so dünn wie möglich ausgeführt werden und/oder eine lichtundurchlässige Beschichtung aufweisen.

Zur Ansteuerung der Kavitäten bzw. der Partikel sind zwei Elektroden (b und e in Fig. 4) nötig, von denen zumindest die Elektrode der Grundfläche (e in Fig. 4) dem Licht der optionale
30 Beleuchtungsschicht gegenüber weitgehend transparent sein sollte.

Die Ansteuerung der Elektroden, d. h. im Extremfall die Adressierung von einzelnen Kavitäten kann z. B. durch eine Reihen-/Spaltenanordnung von Schaltereinheiten gemäß WO 97/04398 erfolgen. Sind die Kavitäten für eine Einzelansteuerung zu klein, so werden mehrere Kavitäten pro Schaltereinheit geschaltet.

5

Die Beleuchtungseinheit (d in Fig. 4) sollte eine gleichmäßige Ausleuchtung des Displays ermöglichen, aber dennoch flach sein. Hier bietet sich der Einsatz von seitlich angebrachten Lichtquellen an, deren Licht durch eine Lichtleiterplatte über das gesamte Sichtfeld verteilt wird. Stark lichtstreuende Kunststoffplatten werden z.B. in EP 0 645 420 offenbart. Diese Platten sind
10 in einer Weise aufgebaut, daß die innere Totalreflexion des eingestrahlt Lichts vermieden und statt dessen eine Beugung des Lichts aus der Platte bzw. in der vorliegenden Erfindung aus der Mikrokompartimentfolie heraus ermöglicht wird. Weitere Ausführungsbeispiele zu Lichtleiterplatten finden sich in EP-0 645 420 und EP-0 590 471. Diese Beleuchtungssysteme werden z.B. für hintergrundbeleuchtete Hinweisschilder eingesetzt.

15

Geeignete Lichtleiterplatten oder Streuplatten enthalten farblose, aber unterschiedlich lichtbrechende Partikel in einem farblosem Matrixmaterial. Dadurch wird die Ausbreitungsrichtung der in die Platte eintretenden Lichtstrahlen stetig geringfügig geändert und es erfolgt ein über die Plattenoberfläche gleichmäßig verteilter Lichtaustritt unter sehr kleinem
20 Winkel. Zweckmäßigerweise werden solche Lichtleiterplatten von einer Kante beleuchtet, so daß durch die Lichtbrechung eine gleichmäßige Lichtabstrahlung über die Plattenoberflächen erhalten wird.

Um eine gleichmäßige Leuchtdichte zu erreichen, kann an mehreren Kanten der
25 Beleuchtungseinheit Licht eingestrahlt werden.

Die innere Totalreflexion des eingestrahlt Lichts kann auch durch eine Anpassung der Form der Kavitäten an den Brechungsindex des Materials der Mikrokompartimentfolie vermieden werden.

30

Patentansprüche:

1. Verbundfolien mit elektrisch schaltbaren optischen Eigenschaften, aufgebaut aus zwei Steuerelektroden und einer Mikrokompartimentfolie mit Kavitäten, die elektrophoretisch mobile Partikel in einer Suspensionsflüssigkeit enthalten,
5 dadurch gekennzeichnet,
daß die Kavitäten in der Mikrokompartimentfolie regelmäßig angeordnet sind und einen konischen oder kegelartigen Tiefenverlauf zeigen, wobei das Verhältnis der Aufsichtfläche der Kavitäten zu deren Grundfläche größer 1.5 ist und in der Suspensionsflüssigkeit
10 elektrorheologisch wirksame Additive enthalten sind.
2. Verbundfolien gemäß Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
daß die Mikrokompartimentfolie optisch transparent ist.
15
3. Verbundfolien gemäß den Ansprüchen 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet,
daß die Suspensionsflüssigkeit optisch transparent und farblos ist.
- 20 4. Verbundfolien gemäß den Ansprüchen 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet,
daß die Suspensionsflüssigkeit optisch transparent und gefärbt ist.
5. Verbundfolien gemäß Anspruch 4,
25 dadurch gekennzeichnet,
daß je drei benachbarte Kavitäten unterschiedlich gefärbte Suspensionsflüssigkeiten enthalten.
6. Verbundfolien gemäß einem der Ansprüche 1 bis 5,
30 dadurch gekennzeichnet,
daß die Aufsichtfläche der Kavitäten größer als $10\,000\ \mu\text{m}^2$ ist

7. Verbundfolien gemäß Anspruch 6,
dadurch gekennzeichnet,
daß die Aufsichtfläche der Kavitäten größer als $250\,000\,\mu\text{m}^2$ ist.
- 5 8. Verbundfolien gemäß einem der Ansprüche 1 bis 7,
dadurch gekennzeichnet,
daß die Kavitäten eine Tiefe von 20 bis $250\,\mu\text{m}$ aufweisen.
9. Verbundfolien gemäß Anspruch 8,
10 dadurch gekennzeichnet,
daß die Kavitäten eine Tiefe von 30 bis $200\,\mu\text{m}$ aufweisen.
10. Verbundfolien gemäß einem der Ansprüche 1 bis 9,
dadurch gekennzeichnet,
15 daß die Kavitäten in der Mikrokompartimentfolie an der Oberseite durch Stege mit einer
Breite von 2 bis $50\,\mu\text{m}$ von einander getrennt sind.
11. Verbundfolien gemäß Anspruch 10,
dadurch gekennzeichnet,
20 daß die Kavitäten in der Mikrokompartimentfolie an der Oberseite durch Stege mit einer
Breite von 5 bis $25\,\mu\text{m}$ von einander getrennt sind.
12. Verbundfolien gemäß einem der Ansprüche 10 oder 11,
dadurch gekennzeichnet,
25 daß die Stegobereiten der Mikrokompartimentfolie lichtundurchlässig beschichtet sind.
13. Verbundfolien gemäß einem der Ansprüche 1 bis 12,
dadurch gekennzeichnet,
30 dass das Additiv eine in der Suspensionsflüssigkeit homogen gelöste Substanz ist, die den
elektorrheologischen Effekt erzeugt.

14. Verbundfolien gemäß einem der Ansprüche 1 bis 13,
dadurch gekennzeichnet,
dass als in der Suspensionsflüssigkeit gelöste Substanz mit einem elektrorheologischen Effekt Polykondensate aus Phenylisocyanat und Polytetramethylenglycol oder p-Chlorophenylisocyanat und Polytetramethylenglycol oder Polymethylmethacrylat als Alkalisalz hydratisiert oder als Blend mit Polystyrol-block-(polyethylen-co-propylen) verwendet werden.
15. Verbundfolien gemäß einem der Ansprüche 1 bis 12,
dadurch gekennzeichnet,
dass die elektrophoretisch mobilen Partikel den elektrorheologischen Effekt zeigen.
16. Verbundfolien gemäß Anspruch 15,
dadurch gekennzeichnet,
dass in der Suspension mehrere Partikelarten vorliegen, wobei mindestens eine Partikelart den elektrorheologischen Effekt und mindestens eine Partikelart den elektrophoretischen Effekt zeigt.
17. Verbundfolien gemäß einem der Ansprüche 15 oder 16,
dadurch gekennzeichnet,
dass die elektrophoretisch mobilen Partikel mit Polykondensaten aus Phenylisocyanat und Polytetramethylenglycol oder p-Chlorophenylisocyanat und Polytetramethylenglycol, Polymethylmethacrylat als Alkalisalz hydratisiert oder als Blend mit Polystyrol-block-(polyethylen-co-propylen) umhüllt sind.
18. Verbundfolien gemäß einem der Ansprüche 15 oder 16,
dadurch gekennzeichnet,
dass die elektrophoretisch nicht mobilen Partikel aus Phenylisocyanat und Polytetramethylenglycol oder p-Chlorophenylisocyanat und Polytetramethylenglycol, Polymethylmethacrylat als Alkalisalz hydratisiert oder als Blend mit Polystyrol-block-(polyethylen-co-propylen) bestehen.

19. Verbundfolien gemäß einem der Ansprüche 1 bis 18,
dadurch gekennzeichnet,
die Suspension in Kompartimenten mit einer monomodalen, unimodalen, bimodalen oder multimodalen Größenverteilung enthalten ist.

5

20. Verbundfolien gemäß einem der Ansprüche 1 bis 18,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Suspension in regelmäßig oder stochastisch angeordneten Kompartimenten mit einer unimodalen Größenverteilung enthalten ist.

10

21. Verbundfolien gemäß einem der Ansprüche 1 bis 18,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Suspension in regelmäßig oder stochastisch angeordneten Kompartimenten mit einer bimodalen Größenverteilung enthalten ist.

15

22. Verbundfolien mit elektrisch schaltbaren optischen Eigenschaften gemäß einem der Ansprüche 1 bis 18,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Suspension in regelmäßig oder stochastisch angeordneten Kompartimenten mit einer multimodalen Größenverteilung enthalten ist.

20

23. Verbundfolien gemäß einem der Ansprüche 1 bis 22,
dadurch gekennzeichnet,
dass die elektrisch schaltbaren optischen Eigenschaften mindestens zwei unterschiedliche optische Transparenzen sind.

25

24. Verbundfolien gemäß einem der Ansprüche 1 bis 23,
dadurch gekennzeichnet,
dass die elektrophoretisch mobilen Partikel anorganische oder organische Pigmente enthalten.

30

25. Verbundfolien gemäß Anspruch 24,
dadurch gekennzeichnet,
dass die anorganischen oder organischen Pigmente TiO_2 , Al_2O_3 , ZrO_2 , FeO , Fe_2O_3 , Ruß, Fluoreszenzpigmente, Phtalocyanine, Porphyrine oder Azofarbstoffe enthalten.

5

26. Verbundfolien gemäß einem der Ansprüche 1 bis 25,
dadurch gekennzeichnet,
dass die elektrophoretisch mobilen Partikel mit Polyacrylaten, Polymethacrylaten, Polyurethanen oder Polyamiden umhüllt sind.

10

27. Verfahren zu Herstellung von Verbundfolien mit elektrisch schaltbaren optischen Eigenschaften, aufgebaut aus zwei Steuerelektroden und einer Mikrokompartimentfolie mit Kavitäten, die elektrophoretisch mobile Partikel in einer Suspensionsflüssigkeit enthalten,
dadurch gekennzeichnet,

15

daß die Kavitäten in der Mikrokompartimentfolie regelmäßig angeordnet sind und durch erodierende oder spanende Verfahren erzeugt werden, einen konischen oder kegelartigen Tiefenverlauf zeigen, wobei das Verhältnis der Aufsichtfläche der Kavitäten zu deren Grundfläche größer 1.5 ist und in der Suspensionsflüssigkeit elektrorheologisch wirksame Additive enthalten sind.

20

28. Verfahren zu Herstellung von Verbundfolien gemäß Anspruch 27,
dadurch gekennzeichnet,
daß die Kavitäten in der Mikrokompartimentfolie durch erodierende Laserstrahlung erzeugt werden.

25

29. Verwendung der Verbundfolien mit elektrisch schaltbaren optischen Eigenschaften gemäß einem der Ansprüche 1 bis 26 für Flachbildschirme, Uhren, Anzeigetafeln oder Computern.

30

30. Verwendung der Verbundfolien mit elektrisch schaltbaren optischen Eigenschaften gemäß einem der Ansprüche 1 bis 26 für die Herstellung von Fensterscheiben, Abdeckungen, Gewächshausdächern, Verpackungen, Textilien, Brillen, Scheinwerferabdeckungen, Wind-

schutzscheiben, Signalen oder Sonnenschutzvorrichtungen.

Fig.1

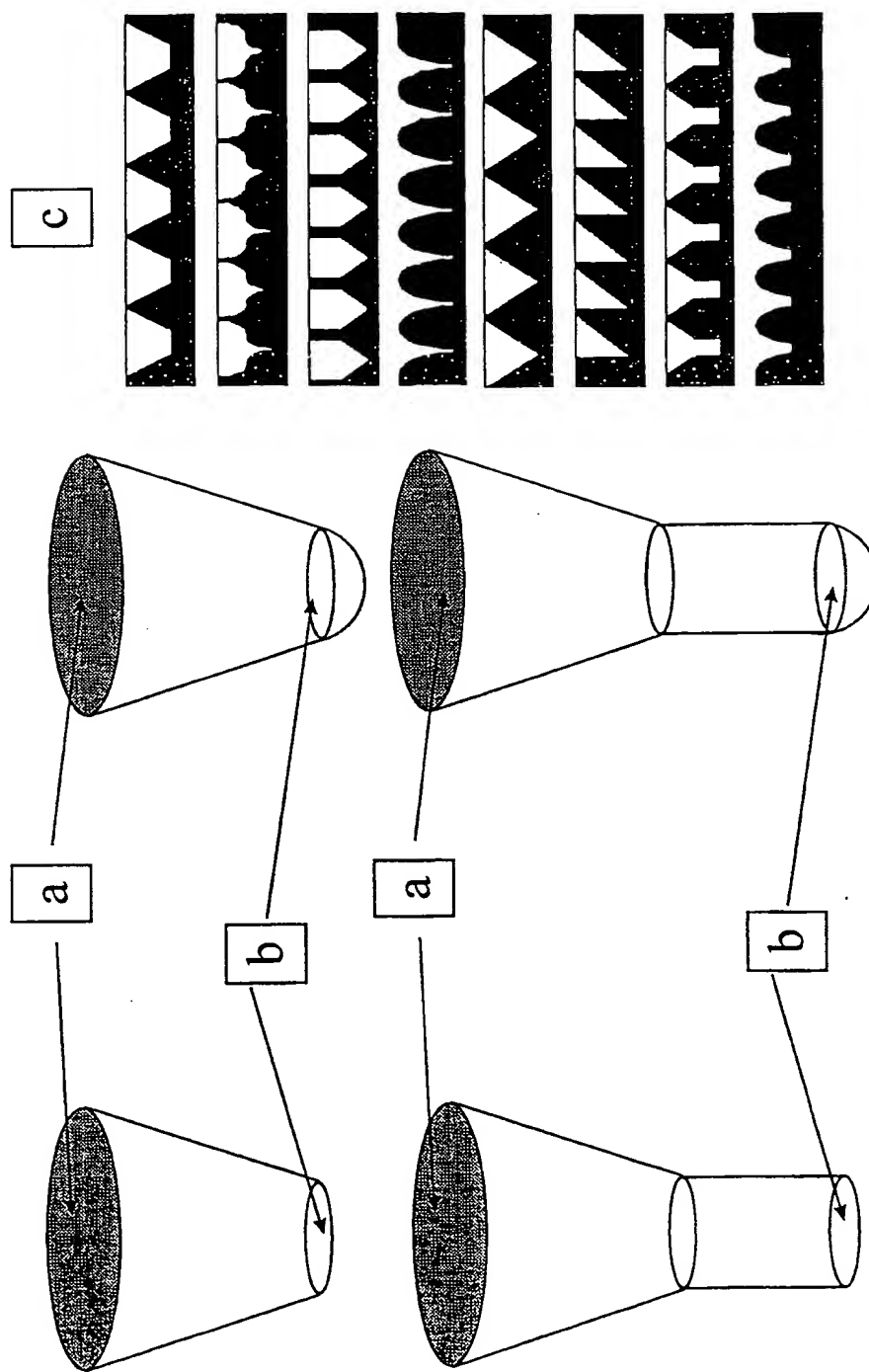


Fig. 2

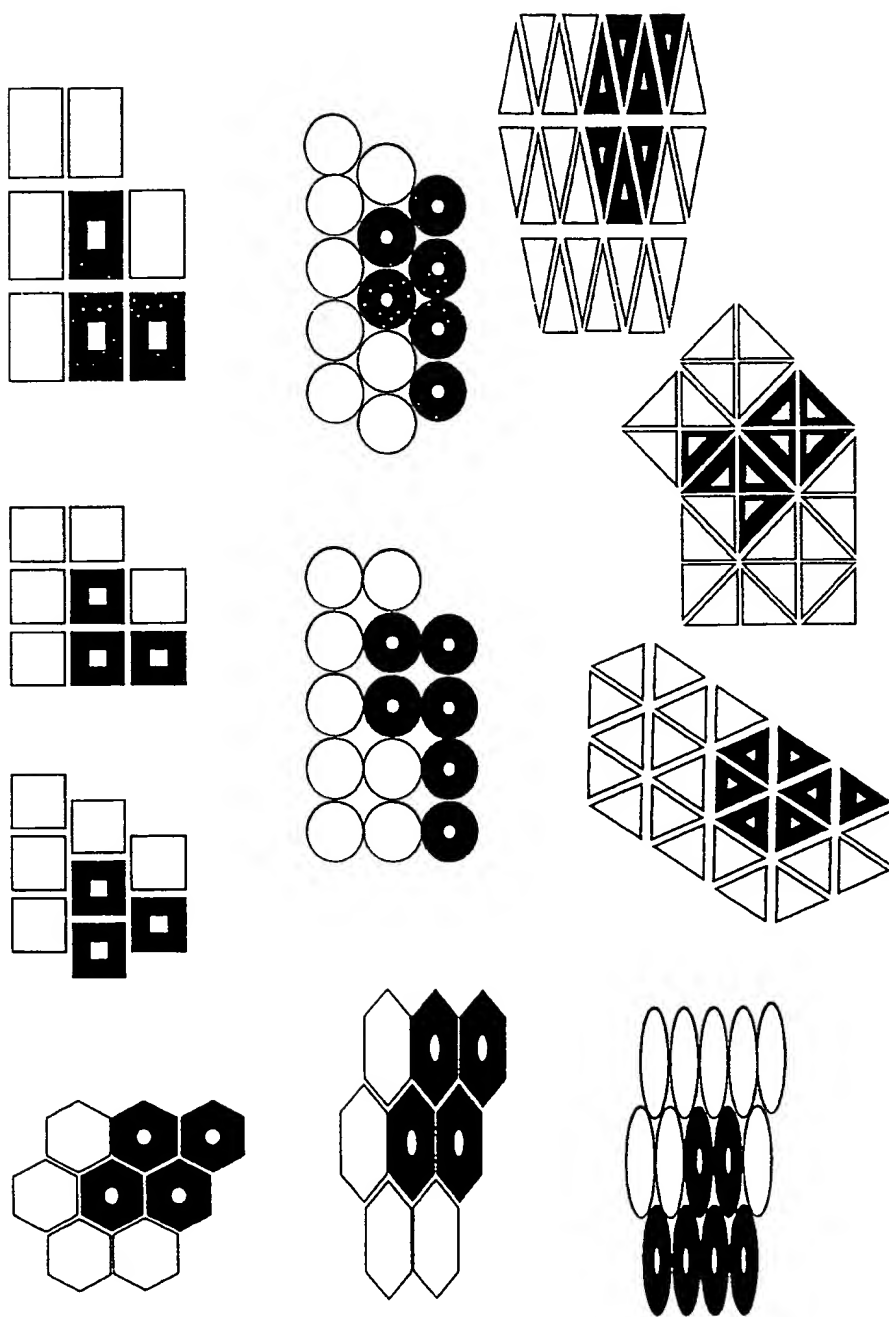


Fig. 3

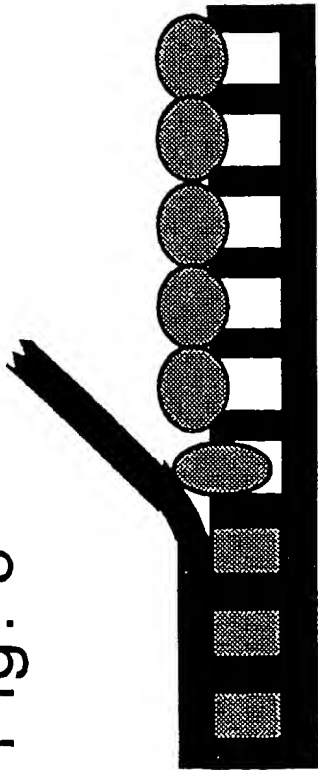
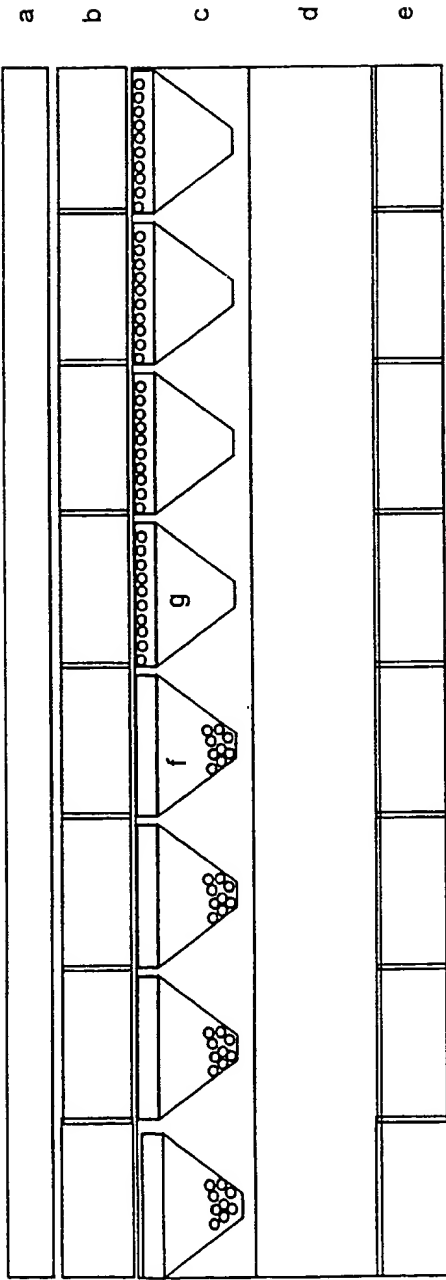


Fig. 4



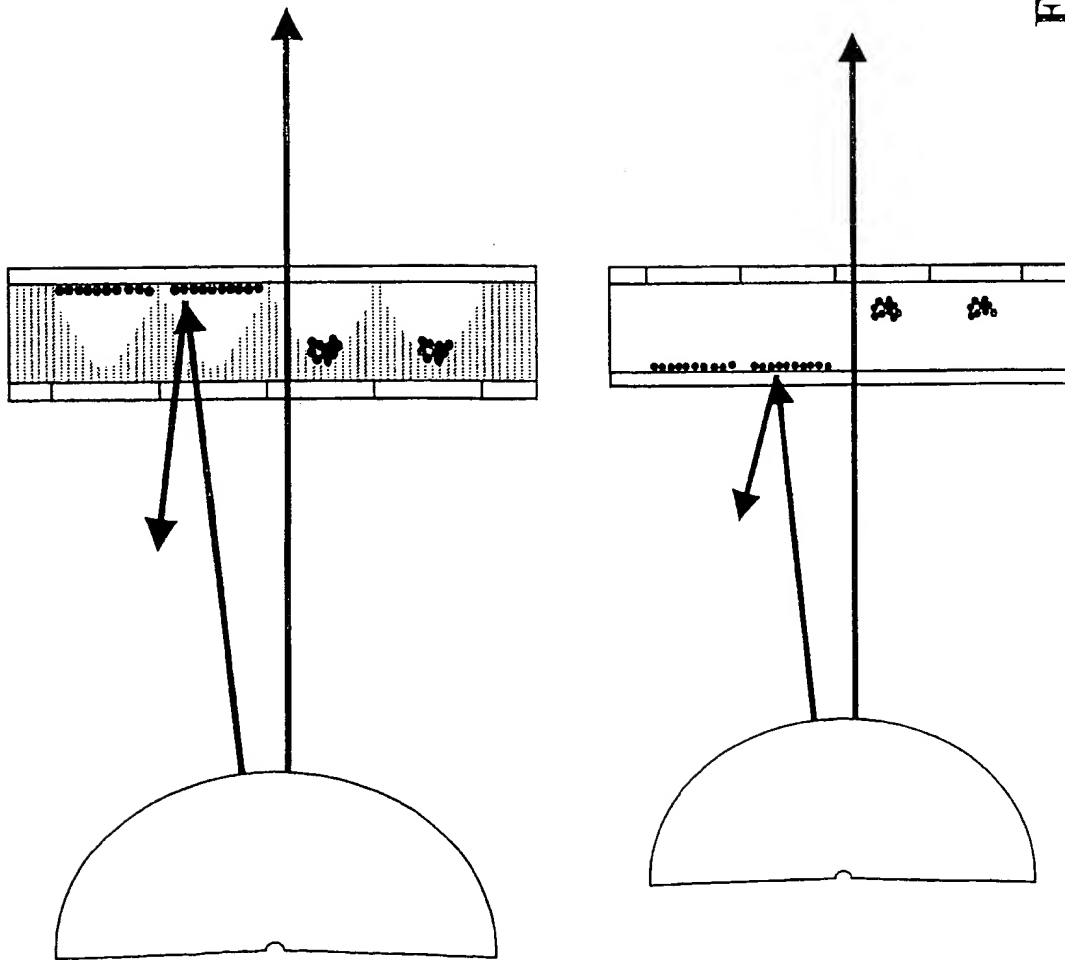


Fig. 5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/DE 00/01418

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 G02F1/167

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 G02F

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 5 699 097 A (SUGIUCHI MASAMI ET AL) 16 December 1997 (1997-12-16) column 2, line 22 - line 28 column 6, line 4 - line 27 figure 2	1,27
P,A	WO 99 56171 A (E INK CORP) 4 November 1999 (1999-11-04) cited in the application page 16, line 17 -page 19, line 23 figures 4A,4B,4C	1,27
A	US 5 411 656 A (SCHUBERT FREDERIC E) 2 May 1995 (1995-05-02) column 3, line 4 - line 11	1,27

☐ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

"A" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

29 September 2000

Date of mailing of the international search report

10/10/2000

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Petitpierre, 0

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No
PCT/DE 00/01418

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 5699097 A	16-12-1997	JP 8006508 A	12-01-1996
WO 9956171 A	04-11-1999	AU 3767899 A	16-11-1999
		US 6118426 A	12-09-2000
US 5411656 A	02-05-1995	CA 2167919 A	23-02-1995
		EP 0713583 A	29-05-1996
		JP 9501778 T	18-02-1997
		WO 9505622 A	23-02-1995

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationaler Aktenzeichen
PCT/DE 00/01418

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

IPK 7 G02F1/167

Nach der internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
IPK 7 G02F

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	US 5 699 097 A (SUGIUCHI MASAMI ET AL) 16. Dezember 1997 (1997-12-16) Spalte 2, Zeile 22 - Zeile 28 Spalte 6, Zeile 4 - Zeile 27 Abbildung 2	1,27
P, A	WO 99 56171 A (E INK CORP) 4. November 1999 (1999-11-04) in der Anmeldung erwähnt Seite 16, Zeile 17 -Seite 19, Zeile 23 Abbildungen 4A,4B,4C	1,27
A	US 5 411 656 A (SCHUBERT FREDERIC E) 2. Mai 1995 (1995-05-02) Spalte 3, Zeile 4 - Zeile 11	1,27

☐ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"Z" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

29. September 2000

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

10/10/2000

Name und Postanschrift der internationalen Recherchenbehörde
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3018

Bevollmächtigter Beauftragter

Petitpierre, O

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

International Aktenzeichen

PCT/DE 00/01418

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 5699097 A	16-12-1997	JP 8006508 A	12-01-1996
WO 9956171 A	04-11-1999	AU 3767899 A	16-11-1999
		US 6118426 A	12-09-2000
US 5411656 A	02-05-1995	CA 2167919 A	23-02-1995
		EP 0713583 A	29-05-1996
		JP 9501778 T	18-02-1997
		WO 9505622 A	23-02-1995